

AC8A-T6 알루미늄 합금材의 切削加工 特性에 關한 研究

최현민*, 김경우*, 김우순*, 김용환*, 김동현**, 채왕석***

A Study on the Characteristics of Machining for AC8A-T6 Aluminum Alloy

Hyun-Min Choi*, Kyong-Woo Kim*, Woo-Sun Kim*, Young-Hwan Kim*, Dong-Hyun Kim**, Wang-Suk Chae***

ABSTRACT

In this study, examined the cutting characteristics of aluminum alloy AC8A-T6 that is used to present car piston materials. And in been holding materials machining empirically escape as result that experiment comparison changing the cutting speed and feed on various condition to choose efficient machining condition. The following results can be summarized from this research.

- 1.As the cutting speed decreased, principal cutting force and thrust cutting force is increased, and reason that cutting force interacts greatly in the low cutting speed is thought by result by BUE's stabilization.
- 2.The feed speed and cutting speed increase, friction factor is decrescent and the cause appeared the thrust cutting force is fallen than cutting force relatively because chip flow according to increase of the feed rate is constraint.
- 3.Though specific cutting resistance grows cutting area and the feed rate are few, the cause was expose that shear angle decreases by rake face of tool gets into negative angle remarkably as wear of a cutting tool or defect part of workpiece is cut.
- 4.Cutting speed do greatly depth of cut is slow, surface roughness examined closely through an experiment that becomes bad, and know that it can get good surface that process cutting speed because do feed rate by 0.1mm/rev low more than 250m/min to get good surface roughness can.

1. 서 론

최근 기계의 경량화, 고속화 경향으로 정밀기기 부품 및 각종전자공업 부품의 중요한 재료로서 알루미늄이 더욱 각광을 받게 됨에 따라 절삭성 향상이 절실히 요구된다. 기계의 구조물이나 부품제작에 있어서 생산 가공 공정 중 절삭가공 분야는 제품의 정밀도, 표면거칠기 개선을 위해서 활용하고 있으며 절삭 가공시 가공 재료와 공구재료의 특성이 가공성에 미치는 인자는 매우 다양하다. 알루미늄은 내식성이 우수할 뿐만 아니라 전기의 전도성이 좋으며 금속으로서 우수한 성질을 가지고 있으며 합금으로 만들면 기계적 성질을 현저하게 개선할 수가 있고 내마모성이 우수한 공업용 재료를 얻

을 수 있다. 이와 같은 재료는 우리들 생활에 가장 밀접한 가정용품을 위시하여 항공기, 자동차, 철도차량, 선박 등 모든 분야에 걸쳐 광범위하게 사용되며 근래에 와서는 알루미늄 재료의 공업용도가 현저히 증대하여 정밀기계부품이나 전자공업부품 등에 많이 사용되어짐에 따라 절삭가공의 필요성이 요구되고 있다. 알루미늄 절삭가공은 절삭력은 그다지 높지 않으나 양호한 절삭면을 얻기가 어렵고 저속에서는 구성인선(構成刃先, built up edge)의 문제가 많다고 알려져 있다⁽¹⁾.

특히 주조용 알루미늄 합금에서는 절삭성이 불량하므로 실용성 있는 계통적 실험연구가 요망된다. 財滿⁽²⁾ 등은 알루미늄 절삭을 하였을 경우에는 안정 구성인선

이 생성하여 공구의 경사면에 부착하여 절삭의 진행 중에도 탈락하지 않고 부착상태로 절삭이 진행된다고 보고하였다. 佐藤^(3, 4) 등은 순알루미늄 절삭기구에는 결정의 방위성이 크게 영향을 미친다고 밝히고 있다. 일반적으로 알루미늄 절삭에 관한 연구는 주로 구성인선의 처리문제에 따른 절삭성에 관하여 극히 제한된 것뿐이며 금속제거율, 절삭저항, 칩처리 등 절삭성 전반에 관한 연구는 등한시하고 있는 실정이다. 본 연구에서 다루고 있는 AC8A 알루미늄 합금은 AC8B, AC8C와 함께 대표적인 자동차용 피스톤 소재로 주조공정을 통하여 제작되므로 그 절삭성이 불량하여 알루미늄 합금의 주물 제조 방법을 개선하여 분말 단조에 의한 피스톤 개발이 있었으나 아직 실용화 단계는 아니다. 또한 알루미늄 합금은 지금까지 평활한 가공면을 얻기 위해 가장 큰 문제로 대두되어 있는 구성인선의 처리문제에 국한된 연구가 진행되어 왔으며 절삭성 전반에 관한 연구는 등한시 되었고 실제 산업현장에서도 경험적으로 가공이 행해지고 있기 때문에 품질을 저하시키는 원인이 되었다. 본 연구에서는 AC8A를 T6로 열처리한 알루미늄 합금재를 실험 소재로 하여 실제 피스톤의 제작 공정에서 황삭 또는 중삭 가공에 사용되는 선삭가공을 이용하여 절삭속도, 이송, 절삭깊이 등을 여러가지 조건으로 변화시켜 가면서 금속제거율, 절삭저항, 비절삭저항, 표면거칠기 등 절삭성에 대한 가공 데이터를 획득하여 실제 생산현장에서 생산성을 높일 수 있는 절삭가공 조건을 선정하여 사용할 수 있는 자료를 제안, 제시 하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 절삭실험

본 실험에 사용한 공작물은 주로 자동차용 피스톤 소재로 사용되고 있는 $\phi 80 \times 300\text{mm}$ 크기의 AC8A-T6이며, 가공재료의 화학적 조성과 기계적 성질을 Table 2-1과 Table 2-2에 나타내었다.

실험에 사용한 공구는 알루미늄 가공에 적합한 Insert Tip인 DCGT 11T304-AK K20재종을 사용하였으며, Tool Holder는 SDACR 1212-F11을 각각 사용하였다. 공구의 노즈반경은 칩 발생시 발생하는 진동이나 공작 기계의 진동이 칩 형성에 미치는 영향을 고려하여 0.4mm를 선택하였다.

Table 2-1 Chemical compositions of testing materials

material \ components	AC8A
Si	11.38
Fe	0.37
Cu	1.85
Mg	0.87
Mn	0.15
Zn	0.27
Ni	0.69
Pb	0.06
Ti	0.023
Al	84.10

Table 2-2 Mechanical properties of testing materials

material \ properties	AC8A
Tensile Strength (N/mm ²)	334.8
Yield Strength (N/mm ²)	313.3
Elongation (%)	0.86
Vickers Hardness (Hv)	167.6
Impact Value (I/cm ²)	1.15

Table 2-3 Cutting conditions of turning

cutting speed (m/min)	100, 150, 200
feed (mm/rev)	0.12, 0.24, 0.30, 0.42
depth of cut (mm)	0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5
coolant	dry

선삭실험에 사용한 절삭조건은 Table 2-3과 같으며 피삭재는 환봉을 사용하여 선반 주축에 장착하고 공구대위에 고정구를 이용하여 공구를 장착한 KISTLER 9257B 공구동력계를 설치하여 절삭력을 측정하며 측정

된 신호는 charge amplifier(Kistler, 5011B)로 보내져 증폭되고 증폭된 신호는 A/D 컨버터에 의하여 절삭력에 상당하는 전압값으로 변환된다. 변환된 신호는 PC기반의 절삭력 분석 프로그램인 DynoWare를 이용하여 절삭력을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 3분력에 대한 절삭력

Fig. 3-1은 이송을 변화하면서 절삭속도와 주절삭력(principal cutting force)의 관계를 나타낸 것이다. 주절삭력은 절삭속도가 증가할수록 절삭력이 점점 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그리고 저속에서 전반적으로 절삭력이 크게 되는 현상은 구성인선의 생성과 탈락의 주기가 길어져 상대적으로 절삭력에 영향을 끼치는 것으로 판단되었다

Fig. 3-2는 이송을 변수로 하여 배분력과 절삭속도의 관계를 나타내었다. 절삭속도 100m/min 이하에서는 배분력이 전반적으로 크게 되는데 이는 주절삭력의 경우와 같은 경향으로 나타나고, 절삭속도의 증가에 따라 배분력은 큰 변화를 나타내지 않는다. 또한, 이송 0.025mm/rev, 속도 50m/min인 경우 배분력이 49N으로 급격하게 떨어지는 비선형 구간이 나타나게 되는 이유는 구조공정을 통해서 제작된 시험편의 결함부분이 원인인 것으로 판단되었다.

절삭속도 50, 100, 300 m/min으로 각각 일정하게 하고 이송을 변화시킬 때 마찰계수와 이송과의 관계를 Fig. 3-3에 나타내었다. 절삭속도에 대한 마찰계수는 이송량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 원인을 이송량의 증가에 따라 칩의 두께가 크게 되어 공구의 경사면상의 칩의 유출이 방해되므로 상대적으로 주절삭력에 비해 배분력이 저하되기 때문임을 알 수 있었다.

마찰계수와 절삭속도와의 관계를 Fig. 3-4에 나타내었다. 절삭속도가 증가할수록 마찰계수는 감소하며 이송량이 적을수록 마찰계수는 증가하고 있다. 이러한 원인도 Fig. 3-3과 같은 결과로 보인다.

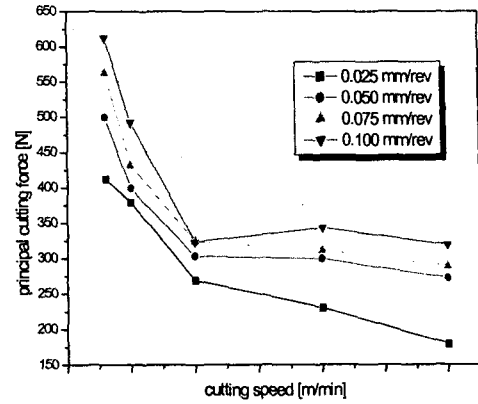


Fig. 3-1 Principal cutting force vs. cutting speed.

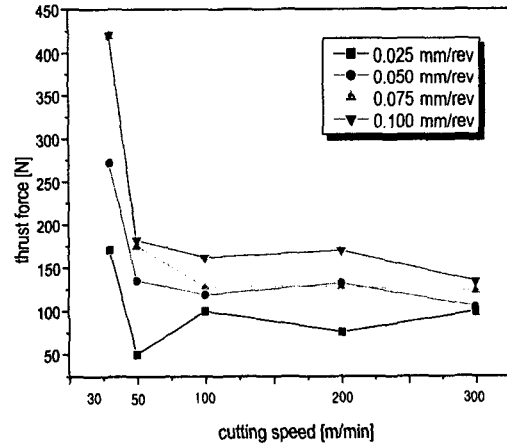


Fig. 3-2 Thrust cutting force vs. cutting speed.

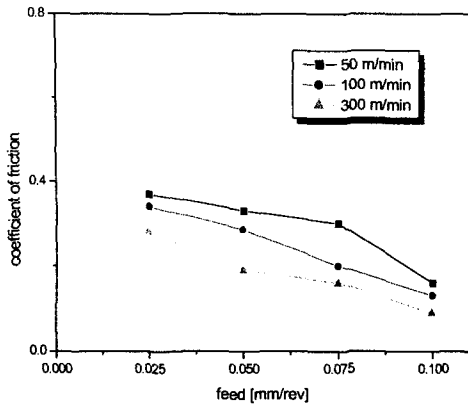


Fig. 3-3 Relation between coefficient of friction and feed

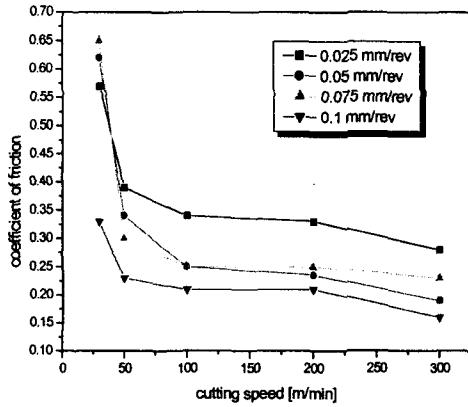


Fig. 3-4 Relation between coefficient of friction and cutting speed

3.2 비절삭저항

각 절삭면적에 따라 절삭속도를 변화시킬 때 절삭면적과 비절삭저항과의 관계를 Fig. 3-5에 나타내었다. 단, 절삭력은 주절삭력과 배분력의 합이며 절삭면적이 증가함에 따라 비절삭저항은 서서히 감소하여 이송량이 작으면 비절삭저항은 크게 나타나고 있다. 이러한 원인은 절삭날의 마모나 가공물의 결합부분이 절삭되면서 공구의 경사면이 현저하게 음의 각으로 됨으로써 전단각은 감소하고 비절삭저항이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 그래서 본 실험에서는 최소깊이가 25

μm 이므로 절삭날의 마모나 결합의 영향은 거의 없다고 본다. 그러나, 절삭깊이가 작으면 경사면상의 구성인선에 의해 전단력은 증대하고 마찰각이 증가하여 전단각이 감소하기 때문에 비절삭저항은 크게 된다. 또한 절삭속도의 변화에 대한 비절삭저항의 변화를 보면 절삭속도 30 m/min에서는 현저하게 큰 값을 나타낸 구성인선의 영향이라 보여지며 절삭속도가 높으면 구성인선의 영향을 받지 않기 때문에 거의 일정한 값을 나타낼 수 있었다

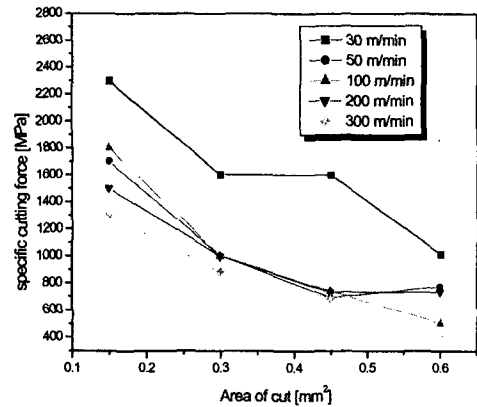


Fig. 3-5 Relation of specific cutting force and area of cut

3.3 표면거칠기

AC8A-T5 알루미늄 합금을 선삭가공하여 표면거칠기의 비교 평가를 위하여 절삭속도, 이송, 절삭깊이 등을 다양하게 변화해가며 실험하였다.

Fig. 3-6 은 절삭속도의 변화가 표면거칠기에 미치는 영향, 즉 이송속도를 0.1mm/rev로 일정하게 유지하고 절삭깊이를 0.5mm, 0.1mm, 0.2mm로 각각 변화시키면서 절삭속도를 30m/min, 50m/min, 100m/min, 200m/min, 300m/min으로 증가시켰을 경우의 표면거칠기 값을 나타낸 것이다.

절삭속도를 30m/min으로 하였을 때 표면거칠기 값은 5.32~11.52 μm 범위로 거칠게 나타나고 있으나 절삭속도를 증가시켜 250m/min으로 하였을 경우에는 3.735~6.31 μm 범위로 나타나 절삭속도를 증가시키면 표면거칠기는 좋아지는 것을 알 수 있다. 또한 절삭깊이를 0.5mm, 1.0mm로 작게 주었을 경우 절삭속도가 증가하더라도 표면거칠기의 차이는 심하게 나타나지 않았으나

절삭깊이를 2.0mm로 크게 하였을 경우 절삭속도의 증가에 따라 표면거칠기의 차이가 심하게 나타났다.

즉, 절삭깊이를 0.5mm로 한 경우 절삭속도를 증가시켰을 때 표면 거칠기 값은 3.745~5.442 μm 로 그 차이가 2 μm 정도로 비교적 작게 나타났으나 절삭깊이를 2.0mm로 크게 한 경우에는 6.313~11.28 μm 범위의 표면거칠기 값과 함께 5 μm 정도의 차이가 나타났다. 따라서 양호한 표면거칠기를 얻으려면 절삭속도를 250m/min 이상으로 하여 가공하는 것이 바람직하다.

Fig. 3-7은 이송의 변화가 표면 거칠기에 미치는 영향, 즉 절삭깊이를 2.0mm로 일정하게 하고 절삭속도를 변화해가며 이송량을 0.12, 0.24, 0.30, 0.42mm/rev로 증가시켰을 경우의 표면거칠기 값을 나타낸 것이다. 이송량을 0.1mm/rev로 하였을 경우 표면거칠기 값은 이송량을 증가시켰을 경우 거칠게 나타나는 것을 알 수 있었다. 그림에서 알 수 있듯이 양호한 표면거칠기 값을 얻으려면 이송량을 0.1mm/rev 이하로 하여 가공하는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있었다. Fig. 3-8은 절삭깊이가 가공면의 표면거칠기에 미치는 영향에 대해서 나타낸 것이다.

이송량을 0.24mm/rev로 일정하게 하고 속도와 절삭깊이를 변화하였을 경우 절삭깊이가 증가함에 따라 표면거칠기가 거칠어지는 경향을 나타냈다.

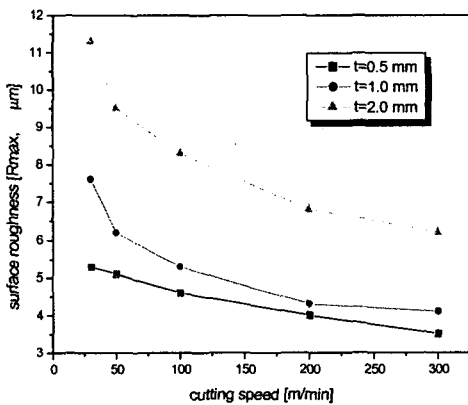


Fig. 3-6 Effect of cutting speed on the surface roughness ($f=0.1\text{mm/rev}$)

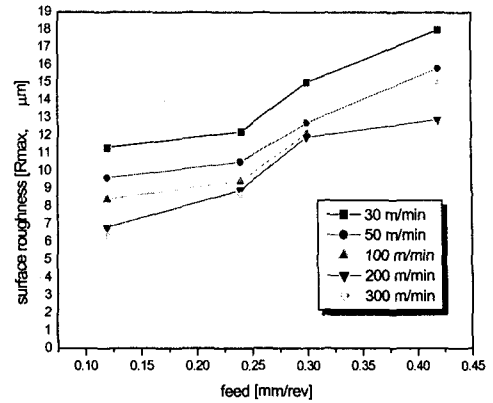


Fig. 3-7 Effect of feed on the surface roughness ($t=2.0\text{mm}$, 0.12mm/rev)

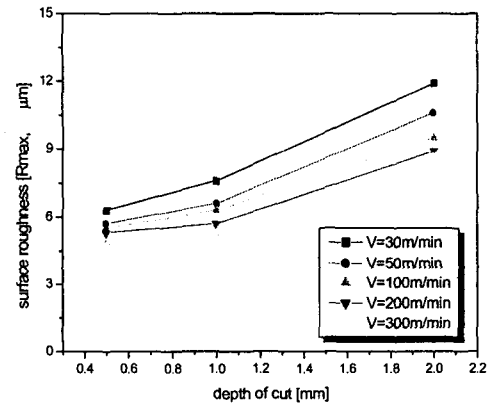


Fig. 3-8 Effect of cutting depth on the surface roughness

4. 결론

본 연구에서는 현재 자동차 피스톤 소재로 이용되고 있는 AC8A-T6 알루미늄합금재의 절삭가공 특성을 규명하고 경험적으로 행해지고 있는 절삭 방법에 있어서의 소재 가공에서 보다 효율적인 가공조건 또는 데이터를 선정하기 위하여 절삭속도와 이송을 여러 가지 조건으로 변화시켜 비교 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 절삭속도가 감소할수록 주절삭력과 배분력이 증가하며, 이들이 저속에서 크게 작용하는 이유는 구성인선의

안정화에 따른 결과로 판단되었다.

2) 이송속도와 절삭속도가 증가할수록 마찰계수는 감소하며 그 원인은 이송량의 증가에 따라 칩의 유출이 어려워져 상대적으로 주절삭력에 비해 배분력이 저하되는 것으로 나타났다.

3) 절삭면적과 이송량이 감소할수록 비절삭저항은 증가하는데 그 원인은 절삭날의 마모나 가공물의 결합부분이 절삭되면서 공구의 경사면이 현저하게 음의 각으로 뒹으로써 전단각이 감소하는 것으로 나타났다.

4) 절삭속도가 느릴수록, 절삭깊이를 크게 할수록 표면조도는 더욱 거칠어지는 것을 실험을 통하여 규명하였고 양호한 표면조도를 얻기 위해서는 절삭속도를 250m/min 이상으로, 이송량을 0.1mm/rev 이하로 하여 가공하는 것이 양호한 표면을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

- * 원광대학교 기계공학부 대학원
- ** 원광대학교 기계공학부
- *** 군장대학교 자동차공학부

참고문헌

1. Henriksen, E. K., "Chip Breaking-A Study of Three Dimensional chip Flow," ASME, Vol. 9, pp. 53-59.
2. Nakayama, K., "Chip Form Geometry and Chip Control," JSPE, Vol. 38, No. 12, pp. 1070, 1972.
3. Masada, M., Hara, T., Kasei, S., "The Chip Control in Metal Cutting," JSPE, Vol. 47, No. 5, pp. 529, 1981.
4. Minato, "On the Chip Excluding," Bullentin Japan Soc. of Prec. Eng., Vol. 8, No. 1, pp. 21, 1974.
5. Kaldor, S., Ber, A., Lenz, E., "On the Mechanism of Chip Breaking," ASME J. of Eng. for Ind., Vol. 101, pp. 241, 1979.
6. 채왕석, "쾌삭강의 쾌삭원소 첨가에 따른 내부 품질 특성 및 피삭성에 관한 연구," 원광대학교 석사학위논문, 1996.